中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 30(3)：294～302 (1981)

人工飼養及放射能照射對東方果實蠅影響之研究[1]

鄭 允 宋艷香[2]

摘要：本研究乃就本省應用「不孕性昆蟲釋放技術」，防治東方果實蠅 (*Dacus dorsalis* Hendel) 時，所釋放之東方果實蠅品質，進行探討。研究結果指出，現行之人工飼養過程不影響羽化率，但使成蟲羽化後之存活率降低，並縮短成蟲壽命。現用 13 krad 伽瑪放射能處理蠅蛹後，羽化率、成蟲羽化後之存活率及成蟲壽命均受不利影響。羽化後三日內，成蟲之飼養受空間限制很大，在高密度時，成蟲大量死亡，原因為蛻蛹之成蟲無法覓得安靜處所，完成正常羽化過程。若以隔板增加飼養箱之有效附着面積，使擁擠程度降低，即可提高成蟲之存活率。雄性成蟲飛翔肌中所含七種代謝酵素之活性，均未因人工飼養及 13 krad 伽瑪放射線處理而改變。因此，其飛翔生化機能似不受上述兩種處理之影響。

本省自民國 64 年起，由美國農部，夏威夷果實蠅研究室 (Hawaiian Fruit Flies Laboratory)[3] 引入"不孕性雄蟲應用技術" (Sterile Male Technique)，試行防治東方果實蠅 (*Dacus dorsalis* Hendel)。其過程為，東方果實蠅先經人工飼養，大量繁殖後 (1,21)，於蛹期接受 13 krad 的鈷-60 伽瑪放射能照射，破壞蟲體的生殖系統機能 (5)，再將羽化之伽瑪線處理蠅釋放於田間，待伽瑪線處理蠅與野生蠅交尾後，使後者產生無效卵，從而達到防治果蠅之目的。

目前，伽瑪線處理蠅可在地面或空中釋放，地面釋放時，係將蠅蛹裝入網中，掛於果園任由羽化之成蟲自行飛散。空中釋放則先將蠅蛹放入羽化箱中，俟其羽化後，飼以食物及水，3 日後，移入 5°C 之冷藏室內，將成蟲裝入釋放器，運交飛機進行空中釋放。就上述過程中，甚多操作方法及環境因素可降低所釋放昆蟲之生存率及品質，若能加以改進，當可大幅提高防治效果。Chambers (7) 曾就人工飼養所得昆蟲之品質，有一完整的回顧及討論，而 1980 年環球昆蟲學會第十六屆大會，亦以伽瑪線處理蠅品質問題為其主要議題。

以往已有許多學者研究果實蠅類 (Tephritidae) 經人工飼養及鈷—60 等處理後之生理及品質上的改變。Keiser 及 Schneider (12,13) 認為經鈷-60 處理之雌蟲壽命較未處理者長，但雄蟲間則無差別，並發現，若於羽化時及時供給糖與水份，可減少羽化後之死亡率。Rossler (17) 發現人工飼養所得之地中海果實蠅 (*Ceratitis capitata*)，其雌蠅所需之產卵前期 (preoviposition period) 較野生蠅短，但兩者間之壽命長短並無區別。Kakinobana (11) 發現若以瓜實蠅 (*Dacus cucurbitae*) 作比較，則人工飼養蠅產卵早，卵量多，性成熟早，交尾之日週期性 (diurnal rhythm of mating) 亦較早，但性競爭力及飛翔能力均仍與野生蠅相近。Balock 等 (5) 測定，若初齡幼蟲接受 2.5 krad 的劑量照射，雖然有86%可化蛹，但是其羽化率只有12%。Harris 等 (10) 測量羽化殘廢率隨箱中裝

1．臺灣省農業試驗所 研究報告 第 1000 號・本文為行政院國家科學委員會補助研究計畫，編號 NSC-69B-0409-21(01)。研究工作承王惠娟、黃明道協助進行，謹此致謝。

2．本所應用動物系研究員、計畫助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

3．現已改名為熱帶果蔬研究室 (Tropical Fruit and Vegetable Research Laboratory)

蟲密度之增加而提高，但羽化率並不受密度之影響。Bailey[4] 以 10 krad 放射能處理，澳洲瓜實蠅（*Dacus cucumis*）之運動能力並未降低，若將劑量提高至 40，60 或 80 krad，才逐漸損傷成蟲之活動能力，此外，40 krad 處理亦顯著地降低了雄性澳洲瓜實蠅的交尾能力，而 10 krad 處理並無此差別。

本研究係就 1.飼養及放射能處理對東方果實蠅之羽化，存活及壽命的影響，2.現用羽化箱之最大容蛹量及 3.雄蠅飛翔肌中七種代謝酶受飼養及放射能的影響，一一予以探討，以求改進“不孕性昆蟲應用技術”在防治東方果實蠅上的效益。

材料與方法

供試之東方果實蠅，除野生者係由蕃石榴落果中採集得來以外，人工飼養及 13 krad 鈷-60 處理者，均由臺灣香蕉研究所關西柑桔試驗場所供應，成蟲係依邱氏[1] 之方法飼養。

一、成蟲壽命比較試驗：將未區分性別之蛹置於直徑 8.5 cm，高 5 cm 之塑膠盒中，蓋以尼龍紗網，每盒 20 蛹，每次 5 盒，每處理重覆 3 次，成蟲羽化後，逐日更新飼料及供水並記錄其存活率，飼養溫度為 28°C。

二、羽化率與畸形發生率測定：將野生、飼養及伽瑪線處理蠅蛹分別置於，長寬高均為 30 cm 之養蟲箱中，每箱 500 蛹，每種 3 箱。俟完成羽化後 3 日，分別計數其羽化率、存活率及畸形數量。畸形者又分為已蛻蛹而發育不全者及死於蛻蛹過程中者二類。

三、飼養密度對伽瑪線處理蠅羽化及其品質之影響，此一測定使用兩種型式養蟲箱，標準箱為 $90\times30\times30\ cm^3$，扁箱為 $90\times30\times15\ cm^3$，側面及頂均為尼龍網，以便透氣與餵飼。標準箱中分別放入 4 萬、6 萬、8 萬及 10 萬蛹，4 種容蟲量，而扁箱中則分別放入 2 萬、3 萬、4 萬及 5 萬蛹，4 種容蟲量。每種容蟲量處理均重覆 3 次（箱），以逢機法安排其相對次序於養蟲架上。羽化 3 日後計算各箱中伽瑪線處理蠅羽化率，畸形發生率及存活率。

四、代謝酵素活性測定：取羽化間隔不超過 24 小時之 3 日大雄蟲 20 隻，剪取胸部，放入 0°C 之磷酸緩衝液（pH=7.3）中，先以 Polytron 打碎，再以低速離心，除去表皮及細胞殘渣，以細紗布過濾懸著液後，置於 0°C 下保存供試，共計測定七種代謝酵素活性，分別為 glyceraldehyde-phosphate dehydrogenase，lactate dehydrogenase，glycerol-3-phosphate dehydrogenase，glycerol-3-phosphate oxidase，succinate dehydrogenase，carnitine acetyltransferase，citrate synthase。測定方法及條件完全依照 Beenakkers[6] 方法。酵素反應係於 28±1°C 下進行，所用生化藥品全為 Sigma Co. 產品，使用之儀器為 Shimadaz 210A雙光束光譜儀。蛋白質含量則係以 Lowry[15] 方法測定，並以 BSA（bovine serum albumin）為蛋白質標準劑。

結　　果

一、成蟲壽命比較：如圖 1 所示，野生蠅最長可活 225 日，飼養蠅及伽瑪線處理蠅之生命較短，均為 180 日，而半數死亡期長，依其類別分為野生蠅 134 日，飼養蠅 29 日，伽瑪線處理蠅 23 日，差別很大。以逐月平均存活率計算，全期8 個月平均存活率為野生蠅 46.9 %，飼養蠅 18.3 %，伽瑪線處理蠅僅 15.3 %，若以此為平均壽命之基準，則僅人工大量飼養因子即可減少東方果實蠅之壽命達 61 %，而 13 krad 的放射能再使其壽命減少所餘 39 %之中的 6.4 %。

二、羽化能力比較：此項結果與壽命比較稍有不同，羽化率並未因人工飼養而減少，但羽化後 3 日內之成蟲存活率因人工飼養而由 97 %降低為 88.6 %。放射能處理對羽化率及存活率均有不良影響（見表 1）。總結所得結果，野生蠅可由蛹回收 86.7%的存活成蟲，飼養蠅回收率降為 76.8 %，而伽瑪線處理蠅的存活成蟲回收率只有 56.2 %。

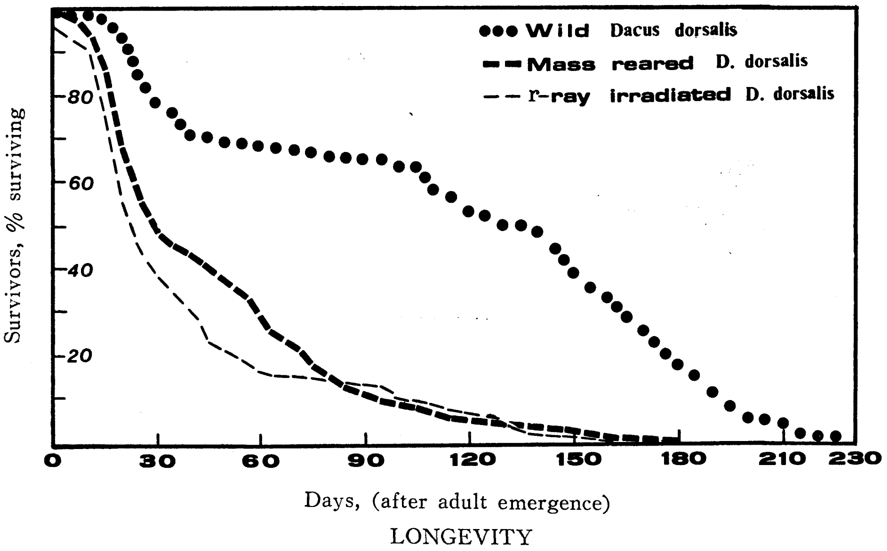


圖 1. 野生，飼養及伽瑪線處理東方果實蠅壽命之比較

Fig. 1. The survival rate of wild, mass-reared and gamma-ray irradiated oriental fruit flies, *Dacus dorsalis*

表 1. 野生，飼養及伽瑪線處理東方果實蠅（*Dacus drosalis*）之羽化率及存活率[a]比較

Table 1. The adult emergency rate and immediated survival rate[a] of wild, mass-reared and gamma-ray irradiated oriental fruit flies.

來　源 Source	成蟲羽化率 % adult emergence	×	三日內存活率 % survived within 3 days	=	健康成蟲回收率 % return of healthy fly from total reared pupae
野生蠅 Wild	89.4		97.0		86.7
飼養蠅 Mass-reared	86.7		88.6		76.8
伽瑪線處理蠅 Irradiated	76.1		73.8		56.2

a. 指羽化後三日內之存活率。 The adult survival rate within three days after emergence.

進一步分析折損原因，見圖 2 ，野生蠅羽化後全無畸形者，飼養蠅有畸形出現，而放射能處理雖未造成更多的畸形，但顯著減弱蛻蛹的能力，提高因羽化不完全而死亡之比率。

三、飼養密度對羽化率及成蟲品質之影響：羽化率不受影響，各處理均爲76%，但羽化者之存活率則隨箱中飼養蟲數之提高而降低，密度最高之成蟲存活率只有 26.22 %，較諸對照組之 73.83 % 可謂折損率太高，就其折損原因分析（見圖2），可見擁擠的環境大量提高了畸形死亡率，亦即幼成蟲蛻蛹後，無法尋得一安靜處所完成羽化，因而死亡。而不同飼養密度下蛻蛹不完全率均維持在 20 %上下，與對照組並無顯著差別，因此可確定蛻蛹能力不受擁擠因子影響，但的確受到放射能之損害

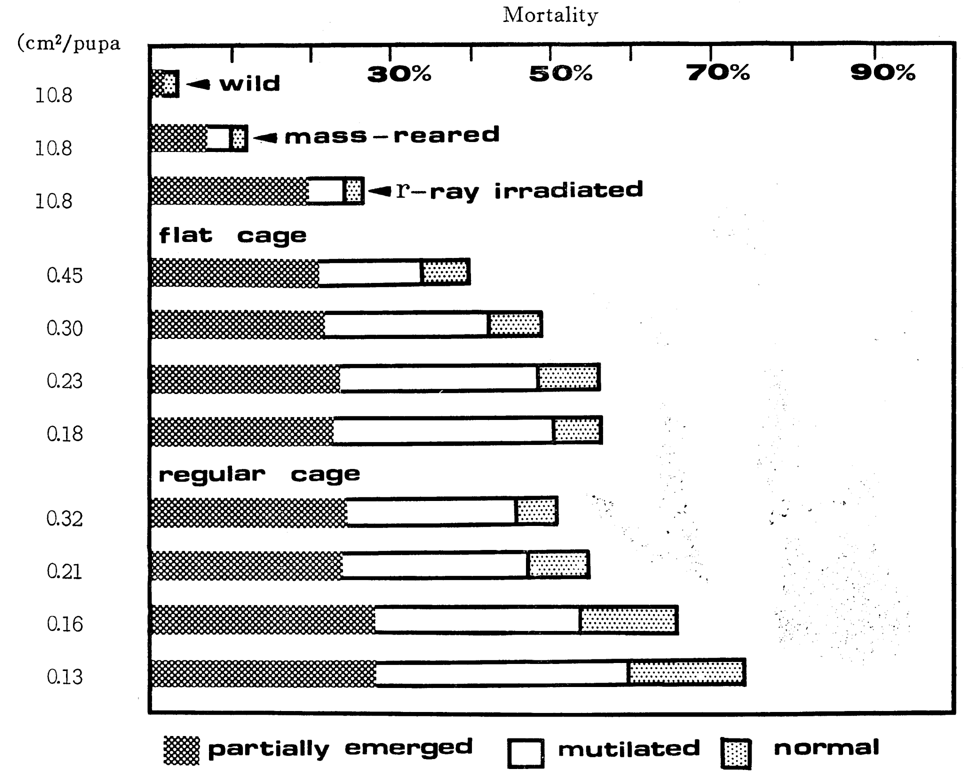


圖 2. 不同飼養空間下，東方果實蠅成蟲死亡率及其原因之比較

Fig. 2. Casualties of emerged flies in different holding conditions and from different sources.

(見結果二)。將圖2之資料以羽化箱之面積 (cm^2) 及體積 (cm^3) 分析，得到迴歸關係，如表二，顯示擁擠死亡率與表面積之關係較體積之關係密切，其迴歸方程式爲 $y=35.05-49.2x$, ($r=0.926$), y=死亡率， x=飼養密度之倒數 (cm^2/insect) ，爲進一步反測以上結果之可靠性，乃於標準箱 30 公分高者中加裝隔板三片，並依隔板之高低分爲三種處理， 分別爲 90×5cm，90×10cm 及

表 2. 成蟲傷殘率與飼蟲箱空間因子之迴歸關係

Table 2. The regressional correlations between the mutilation rate and various rearing spatial parameters of holding cage.

(X_i) 空間因子 Spatial parameters	迴歸方程式 The equation of regression[a]	r-value	臨界值 Critical limit[b]
箱底面積 Basal area, cm^2	$Y=31.44-106.17X$	0.7553	(cm^2/pupa) 0.2542
箱內總面積 Total area, cm^2	$Y=35.09-49.20X$	0.9264	0.6228
箱內體積 Total space, cm^3	$Y=35.97-7.92X$	0.7590	(cm^3/pupa) 3.6010

a. Y—% of mutilation 傷殘率

b. X value, when Y=4.45% (because the mutilation rate in check cage is 4.45%) .
此爲傷殘率等於 4.45 %時之空間因子之大小，因對照組之傷殘率爲 4.45 %。

90×15cm ，每箱裝10萬蛹，再行測定成蟲存活率，所得結果如圖三，明顯地因隔板供給了額外有效面積空間，而使成蟲存活率由不加隔板組的 22.5 %依隔板大小而回昇爲 31、38 及 48 %。

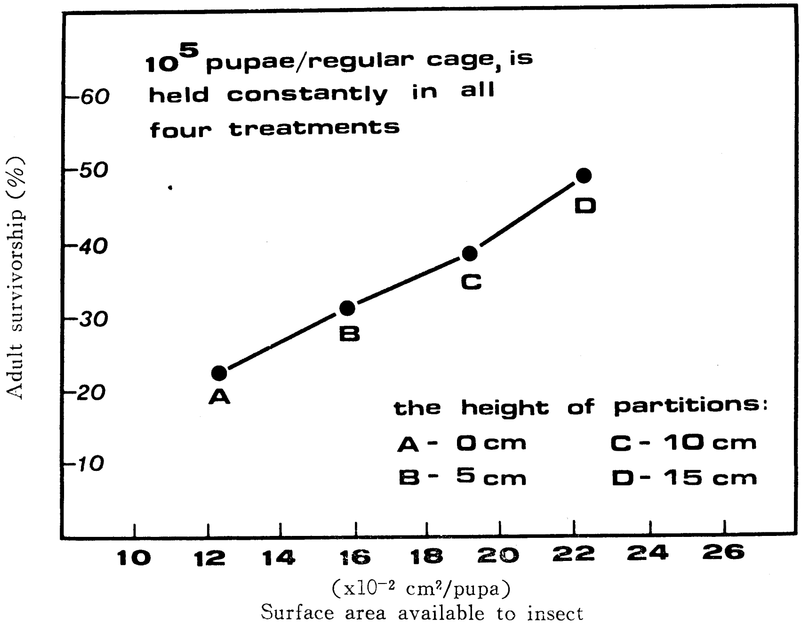


圖 3. 利用飼養箱隔板大小，增加東方果實蠅成蟲存活率之效果比較

Fig. 3. Recovering in survival rate of adult flies by providing more surface area per pupa in the holding cages.

四、雄性成蟲胸肌中能量代謝酵素活性比較：人工飼養與放射能處理均不影響七種酵素活性的高低（見表三）。並曾就其中任選 GAPDH 測定鈷-60 處理期前後，其本身變化情形，結果如圖四

表 3. 七種能量代謝酶在野生，飼養及伽瑪線處理雄蠅胸肌中活性之比較

Table 3. Specific activities of seven metabolic enzymes isolated from three day old male adult thorax of wild, mass-reared and gamma-ray irradiated *Dacus dorsalis*

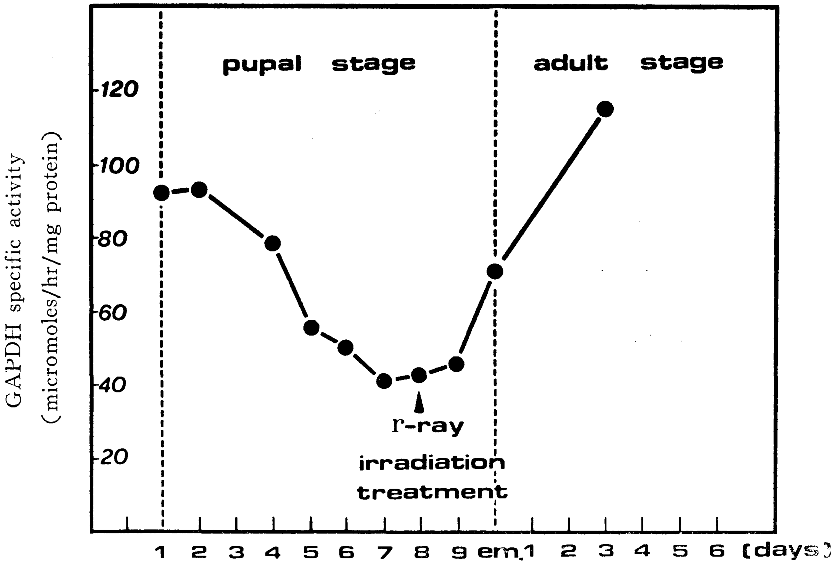
	Specific activity[a,b]						
D. dorsalis	GAPDH	GP-ox	GDH	SDH	LDH	CS	CAT
野生蠅 Wild	202.0	0.69	58.0	0.76	5.81	59.7	2.13
飼養蠅 Mass-reared	239.4	0.64	61.3	0.45	3.61	63.0	1.72
伽瑪線處理蠅 Irradiated	218.7	0.59	58.2	0.49	3.31	62.5	2.08

a. specific activity = micromoles substrate/mg protein/hour

b. twenty-five thoraxes were pooled together for analysis as one sample and the result values were the average of three tests.

GAPDH : glyceraldehydephosphate dehydrogenase
LDH : lactate dehydrogenase
GP-ox : glycerol-3-phosphate oxidase
GDH : glycerol-3-phosphate dehydrogenase
SDH : succinate dehydrogenase
CS : citrate synthase
CAT : carnitine acetyltransferase

，活性變化爲一U形曲線，與多數酵素在蛹期的變化相同。此等曲線之上昇部份表示酵素正在形成，而顯示其並未受放射能的影響，應可確立 13 krad 的劑量不干擾酵素蛋白合成過程，因此伽瑪線處理蠅飛翔肌之生化作用仍屬正常。



Development of *Dacus dorsalis*.

圖 4. 東方果實蠅蛹期 glyceraldehydephosphate dehydrogenase 活性之變動情形

Fig. 4. The changing pattern of glyceraldehydephosphate dehydrogenase activity in the pupal stage of oriental fruit fly, *Dacus dorsalis*

討　　論

利用釋放不孕性之昆蟲做爲害蟲防治工具，具有許多其他防治所未有的優點[14]，但就東方果實蠅防治之應用而言，可謂尙在起步階段，目前數個釋放案例，均以海中孤立之小島爲對象[9,18,20]，現在本省使用此一技術，其涵蓋面積之大小仍屬創擧。因此在執行上各種因素以及其影響之大小均需仔細研究及探明。有關田間調查方法，需用之蟲數，Steiner 提供了初步的計算方法[19]，但就各個步驟對飼養並接受鈷-60 處理之東方果實蠅所發生的影響亦應加以闡明，尋求可能之改進。

由本實驗所測得半數死亡之壽命天數，飼養蠅爲 29 天，野生蠅爲 134 天，前者與 Keiser 等[13]所得之 29～38 天相近，而後者則遠較徐氏等[2]所得 40～50 日之結果爲長，雖然 Keiser 等認爲在 15 krad 放射能處理使雌蠅之半數死亡期由 29 天延長爲 38 天，但若與野生蠅之 134 天相比，則所增加之壽命可謂不顯著，因此 Keiser 發現之差別實在無太大意義。吾人認爲造成縮短壽命之主因在於人工飼養，而其原因爲何，尙待探討。放射能照射對果實蠅的損傷，在於降低羽化率及成蟲存活率，使回收率由飼養蠅之 76.8 %降爲 56.2 %，因夏威夷僅使用 10 krad[5]，其劑量較吾人所使用者爲低，若使用 10 krad 可能可提高回收率，而近來 Ashraf[3] 及 Ohinata 等[16] 報告，在氮氣中作放射能處理，可提高伽瑪線處理蠅的性競爭力，但所需之劑量較在空氣中處理高 2 倍，亦可能造成較高的死亡率。今後應就放射能處理之劑量及方式做改進，以提高成蟲之性競爭力，降低死亡率爲目標。飼養蠅中有大量畸形蠅出現之原因，可能係在人工培養環境中許多不良性狀個體，受到額外的保護而未能如在自然界中被淘汰，因此以後在計算飼養量中應先行扣除此一不良性狀部份，以免造成實際釋放量的偏差。

大量飼養昆蟲時必須測定適當的飼養密度。飼養密度過高常造成大量死亡。Harris [10] 亦曾發現空投果實蠅之紙盒可因裝蟲量增加而造成傷殘率增加，但並不因裝盒而影響其羽化率，其結論與吾人所得結果相似，由結果中顯示本省目前採用每標準箱放養 6～8 萬蛹之成蟲存活率只有 34.6～26.7%， 折損率很大，若改用扁箱設計或加裝不妨礙裝蟲工作之隔板， 增加有效養蟲面積， 可大幅度增加存活率。

就飛翔肌中七種能量代謝酵素之活性未受飼養及放射能之影響，與 Bailey [4] 發現 10 krad 不能影響澳洲瓜實蠅 (*Dacus cucumis*) 之活動力以及 Economopoulos [8] 發現野生及伽瑪線處理橄欖蠅 (Olive fly, *Dacus oleae*) 具有相等之飛翔距離及飛散能力相符合，因此 13 krad 的放射能似尙不能對飛行肌之生理造成明顯的損傷。綜觀以上結果及參考資料，吾人認爲以下數項事實已可確立，即：

1. 人工飼養法明顯地縮短果實蠅平均壽命。
2. 13 krad 劑量的放射能減弱成蟲蛻蛹之能力及存活率。
3. 羽化箱中成蟲過多可造成大量成蟲殘廢及死亡，此類折損率可由增加箱內有效面積改進之。
4. 伽瑪線處理蠅之飛翔肌生理作用與野生蠅相似，並未因人工飼養及放射能處理而有所損傷。

引 用 文 獻

1. 邱煇宗・1977・東方果實蠅 (*Dacus dorsalis* Hendel) 之大量繁殖・臺灣農業季刊 13 (3) : 114-120。
2. 徐爾烈、徐世傑・1972・柑果蠅生物學的硏究・國立臺灣大學植物病蟲害學刊 2 : 48-64。
3. Ashraf, M., N. Chatha, K. Ohinata, and E. J. Harris, 1975. Melon flies : Dosage-response and sexual competitiveness after treatment with gamma irradiation in a nitrogen atmosphere. J. Econ. Ent. 68(6) : 838-840.
4. Bailey, P. 1975. Behavioural changes induced by irradiating *Dacus cucumis* with gamma rays. J. Insect Physiol. 21(6) : 1247-1250.
5. Balock, J. W., A. K. Burditt, Jr. and L. D. Christenson 1963. Effects of gamma radiation on various stages of three fruit fly species J. Econ. Ent. 56(1) : 42-46.
6. Beenakkers, A. M. Th. 1969. Carbohydrate and fat as a fuel for insect flight, a comparative study. J. Insect Physiol. 15 : 353-361.
7. Chambers, Derrell L. 1977 Quality Control in Mass Rearing. Ann. Rev. Entomol. 22 : 289-308.
8. Economopoulos, A. P. 1980. SIRM Against the olive fruit fly : Differences between wild and lab-reared (normal or sterilized)insects. Proc. Sym. Fruit Fly Problems. pp. 17-26. Nat. Inst. Agric. Sci. Japan.
9. Habu, N., M. Iga and K. Numazawa : Progress of the eradication program of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel, on the Ogasawara (Bonin) Islands. Proc. Sym. Fruit Fly Problems, p : 123-131. Nat. Inst. Agric. Sci., Japan.
10. Harris, E. J., W. C. Mitchell, A. H. Baumhover, and L. F. Steiner. 1968. Mutilation and survival of sterile oriental fruit flies and melon flies emerging in drop boxes. J. Econ. Ent. 61(2) : 493-496.
11. Kakinohana, H. 1980. Qualitative change in the Mass reared melonfly, *Dacus cucurbitae* Coq. Proc. Sym. Fruit Fly Problems, : 27-36. Nat. Inst. Agric, Sci., Japan.
12. Keiser, I., E. L. Schneider. 1969a. Need for immediate sugar and ability to withstand thirst of newly emerged oriental fruit flies, melon flies, and Mediterranean fruit flies, untreated and sexually sterilized with gamma radiation J. Econ. Ent. 62(3) : 539-540.
13. Keiser, I., E. L. Schneider. 1969b. Longevity, resistance to deprivation of food and water, and susceptibility to malathion and DDT of oriental fruit flies, melon flies, and Mediterranean

fruit flies, sexually sterilized with tepa or radiation J. Econ. Ent. 62(3) : 663-666.

14. Knipling, E. F, 1972, Sterilization and other genetic. Techniques in "Pest Control strategies for the Future" : 272-287. Nat. Acad. Sci. Washington. D. C.
15. Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. J. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193 : 265-275.
16. Ohinata, K., M. Ashraf and E. J. Harris. 1977. Mediterranean fruit flies : sterility and sexual competitiveness in the laboratory after treatment with gamma irradiation in air, carbon dioxide, helium, nitrogen or partial vacuum. J. Econ. Ent. 70(2) : 165-168.
17. Rössler, Y. 1975. Reproductive differences between laboratory-reared and field-collected populations of the Mediterranean fruitfly, *Ceratitis capitata*. Ann. Ent. Soc. Am. 68(6) : 987-991.
18. Steiner, L. F. 1962. Progress of fruit fly control by irradiation sterilization in Hawaii and the Mariana Islands. Intern. J. Appl. Radiat. Isotop. 13 : 427-434.
19. Steiner, L. F. 1969. A method of estimating the size of native populations of oriental, melon and Mediterranean fruit flies, to establish the over flooding ratio required for sterile male releases J. Econ. Ent. 62(1) : 4-7.
20. Steiner, L. F., W. G. Hart, E. J. Harris, R. T. Cunningham, K. Ohinata, and D. C. Kamakahi. 1970. Eradication of the oriental fruit fly from the Mariana Islands by the methods of male annihilation and sterile insect release J. Econ. Ent. 63(1) : 131-135.
21. Tanaka, N., L. F. Steiner, K. Ohinata, and R. Okamoto. 1969. Low-cost larval rearing medium for mass production of oriental and Mediterranean fruit flies J. Econ. Ent. 62(4) : 967-968.

Effects of mass-rearing and gamma-irradiation on the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel[1]

Edward Yun Cheng and Martha Sung[2]

Summary

Currently, the sterile-insect technique is under testing in Taiwan for controlling the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel. In practicing the sterile-male insect releasing program, the fruit flies have to be mass-reared and then sterilized with 13 krad gamma-radiation energy. These two treatments will probably reduce the quality of fly to some degree. In order to determine the nature and extent of possible adverse effects, we compared several aspects of the mass-reared fly and the sterilized fly to the wild fly. The results indicated that both the mass-rearing method and the gamma-radiation energy caused some physical and physiological damges in released sterile flies. The apparent effects and the degree of damages are :

---

1. Contribution No. 1000 from the Taiwan Agricultural Research Institute and the study is sponsored by National Science Concil Project NSC-69B-0409-21(01).

2. Senior Entomologist and Project Assistant, Department of Applied Zoology, TARI. Taichung Hsien, Taiwan431 ROC

(1) The mass-rearing method reduced the adult longevity by 61%, the adult emergence by 2.7% and the first three day adult survival rate by another 8.4% (Fig. 1, Table 1).

(2) The gamma-radiation at 13 krad further reduced the adult longevity by 6.4%, the adult emergence by 10.6% and the first three day adult survival rate by another 14.8% (Fig. 1, Table 1).

(3) The crowding in the holding cage before field releasing resulted in more casualties. In the actual releasing program, the healthy flies harvested from mass-reared pupae were merely 33% of total reared pupae compared with 56% in an uncrowded holding condition. The mortality in the holding cage was closely related to the size of unit surface area available to each fly. When the results were calculated on the basis of number of pupae per cage, the mutilation loss followed the equation of $Y=35.09-49.20X$, where Y is percentage of mutilation, X is the available surface per pupa in cm^2/pupa, and the minimum area per pupa required was 0.63 cm^2 before the death from mutilation occurred (Fig. 2, Table2). The survival rate can be effectively revived by increasing the available surface area in the holding cage (Fig. 3).

(4) The mass-rearing method and the gamma-radiation did not change the specific activity of seven metabolic enzymes in flight muscle of adult male fly and the enzymes tested were glyceraldehydephosphate dehydrogenase, lactate dehydrogenase, glycerol-3-phosphate dehydrogenase, glycerol-3-phosphate oxidase, citrate synthase, carnitine acetyltransferase and succinate dehydrogenase (Fig. 4, Table 3).